

2803.66013

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Hiroaki Ueno

Serial No. 09/997,933

Filed: November 30, 2001

For: METHOD OF MEASURING  
NON-LINEARITY IN  
MAGNETIC RECORDING/  
REPRODUCTION, DEVICE  
FOR MAGNETIC RECORDING/  
REPRODUCTION AND LST  
FOR MAGNETIC RECORDING/  
REPRODUCTION

Art Unit: 2651

I hereby certify that this paper is being deposited with the  
United States Postal Service as FIRST-CLASS mail in an  
envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, D.C. 20231 on this date.

Date

F-CLASS.WCM

Appr. February 20, 1998

Registration No.

Attorney for Applicant



RECEIVED

FEB 04 2002

Technology Center 2600

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the  
basis of the foreign applications identified below:

Japanese Patent Application No. 2000-365874, filed Nov. 30, 2000  
Japanese Patent Application No. 2001-310365, filed Oct. 5, 2001

A certified copy of each priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By

Patrick G. Burns

Registration No. 29,367

January 10, 2001  
300 South Wacker Drive  
Suite 2500  
Chicago, Illinois 60606  
Telephone: 312.360.0080  
Facsimile: 312.360.9315



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

RECEIVED  
FEB 04 2002  
Technology Center 2600

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年11月30日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-365874

出 願 人  
Applicant (s):

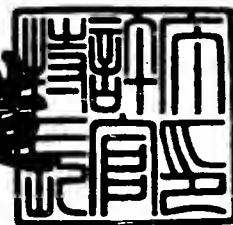
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 2月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3011758

【書類名】 特許願

【整理番号】 0052365

【提出日】 平成12年11月30日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G06F 11/00  
G11B 11/00

【発明の名称】 磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置および磁気記録再生用 L S I

【請求項の数】 5

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 上野 博秋

【特許出願人】  
【識別番号】 000005223  
【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100077517  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 石田 敬  
【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】  
【識別番号】 100092624  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】  
【識別番号】 100100871  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 土屋 繁

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9905449

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置  
および磁気記録再生用 L S I

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号を受けその入力信号に応じて出力信号を発生する対象物における非線形性の測定方法であって、

前記対象物に第 1 の入力信号を供給し、その出力信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、

前記対象物に第 2 の入力信号を供給し、その出力信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、

前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記対象物における非線形遷移シフト N L T S を算出する、

各ステップを備えた対象物の入出力における非線形性の測定方法において、

複数種類の所定のパターンの信号から一つのパターンの信号を選択し、

前記選択したパターンの信号をサイクリックに出力して前記第 2 の入力の信号を発生する、

各ステップを備えたことを特徴とする非線形性の測定方法。

【請求項 2】 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用 L S I において、

前記基準信号をなすビット列パターンのデータおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンのデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択し、該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号を発生させる回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用 L S I。

【請求項 3】 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用 L S I において

前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第 5 高調波成分を測定する回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用 L S I。

【請求項 4】 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、

前記基準信号をなすビット列パターンのデータおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンのデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択する手段と、

該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号を発生させる手段と、を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 5】 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、

前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読

取られる該データの再生信号から第 5 高調波成分を測定する手段を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は非線形性の測定方法に関し、特に、磁気テープ、磁気カード、フレキシブルディスク、磁気ディスク、光磁気ディスクおよび磁気ドラム等の記録媒体にデジタルデータを磁化極性の変化として記録し再生する、磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置および磁気記録再生用 L S I に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、磁気記録再生装置の高密度化、高速データ転送化に伴い、磁気ヘッド、記録媒体および記録再生伝送系で生じる非線形遷移シフト (N L T S : Non-Linear Transition Shift) を把握するため N L T S の測定が必須となってきた。この N L T S は、記録データがその直前または直後の記録データの影響を受けないように、遷移シフト (T S) を考慮して、記録媒体を磁気記録し記録データを正確に再生するために必要なデータである。

【0003】

従来技術による N L T S 測定方法として、1994 年、IEEE Transactions on Magnetism, Vol.30, No.6, p.4236 に X. Che, M. J. Peek および J. Fitzpatrick の "A Generalized frequency domain nonlinearity measurement method" と題する論文が知られている。この論文には、磁化反転の連続が 2 ビット (Dibit) を含むビット列パターンの信号を媒体に磁気記録して生じる N L T S 測定方法が記載されている。

【0004】

この N L T S 測定方法について以下に説明する。この N L T S 測定方法は下記の 3 つのステップから構成される。

ステップ 1 では、1 ビットのパルス幅を T として 15 ビット毎に (15 T で)

極性が反転する 3 0 T のビット列パターンを繰り返す基準信号によりデータを媒体上に記録し、その再生信号の第 5 高調波信号(以下、5 次成分と記す)を測定する。この 5 次成分を V5ref とする。媒体上に記録するデータの記録符号をレベルで表示する NRZ 表記および記録符号をレベルの反転で表示する NRZI 表記により上記基準信号を以下に示す。

【 0 0 0 5 】

基準信号： NRZ 表記 : 11111111111111 0000000000000000

NRZI 表記 : 1000000000000000 1000000000000000

ステップ 2 では、Dibit パターンを含む 3 0 T のビット列パターンを繰り返す被測定信号によりデータを媒体上に記録し、その再生信号の 5 次成分 V5pat を測定する。NRZ 表記および NRZI 表記により上記被測定信号を以下に示す。

【 0 0 0 6 】

被測定信号： NRZ 表記 : 1000000011111111 0111111100000000

NRZI 表記 : 1100000010000000 1100000010000000

ステップ 3 では、ステップ 1 およびステップ 2 で測定した 5 次成分を V5ref および V5ref から比率  $V_{ab} = V_{5pat} / V_{5ref}$  を算出する。次いで、Dibit で生じる N L T S (Dibit) を下式 (1) から算出する。ここで、N L T S は 1 T で規格化した値、すなわち 1 T のパルス幅を 1 (1 0 0 %) とした値である。

【 0 0 0 7 】

$$N L T S (Dibit) = \arccos [(2 - V_{ab}^2) / 2] * 3 / \pi \cdots (1)$$

上式 (1) は、下式 (2) により近似できる。

$$N L T S (Dibit) = V_{ab} * 3 / \pi \cdots (2)$$

また、上記論文には、磁化反転がさらに連続した場合の N L T S 測定方法も記載されているが、同論文の著者 J. Fitzpatrick に加えて、A. Taratorin、S. X. Wang、B. Wilson が、後の 1996 年 1 月に、IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 33, No. 1 に発表した "Non-Linear Interactions in a Series of Transitions" と題する論文では、再生ヘッドに MR (磁気抵抗効果) 型のものが使用された場合、再生ヘッドの非線形性を取除かなければ N L T S 測定値に大きな誤差が生じることが記載されている。



## 【0008】

さらに、NLTSの一つとして前記録データによる遷移シフト（HTS: Hard Transition ShiftまたはO/W (Over Write) NLTS）があり、その測定方法として、単一ビット列パターンを繰り返す基準信号（ $f$ ）とその $1/2$ 周波数の被測定信号（ $f/2$ ）とからNLTSを算出する方法が知られている。この方法によれば、基準信号の周波数を変更するとHTS（=NLTS）が異なる場合があり、かつ前述した5次高調波成分によるNLTS測定方法と異なり測定方法の変更を余儀なくさせられる、すなわち測定方法の互換性をなくすという問題がある。

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

それゆえ、本発明は上記問題に鑑み、Dibit以外のビット列パターンを繰り返す信号で生じる非線形遷移シフト（NLTS）を測定する磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置および磁気記録再生用LSIを提供することを主目的とする。

## 【0010】

本発明はまた、磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置および磁気記録再生用LSIにおいて、電磁誘導型再生ヘッドのみならずMR（磁気抵抗効果）型再生ヘッドに起因する非線形性に対する測定誤差をも少なくし、あるいはNLTS測定方法に互換性をもたせる、すなわち測定方法の変更をせずにNLTSを容易に測定できるようにすることを他の目的とする。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の非線形性の測定方法は、入力信号を受けその入力信号に応じて出力信号を発生する対象物における非線形性の測定方法であって、前記対象物に第1の入力信号を供給し、その出力信号から第1の第5高調波成分を測定し、前記対象物に第2の入力信号を供給し、その出力信号から第2の第5高調波成分を測定し、前記第1の第5高調波成分と前記第2の第5高調波成分とから前記対象物における非線形遷移シフトNLTSを算出する、各ステップを備

えた対象物の入出力における非線形性の測定方法において、複数種類の所定のパターンの信号から一つのパターンの信号を選択し、前記選択したパターンの信号をサイクリックに出力して前記第 2 の入力信号を発生する、各ステップを備えたことを特徴とする。

#### 【0012】

上記目的を達成する本発明の第一形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用 L S I は、媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用 L S I において、前記基準信号をなすビット列パターンのデータおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンのデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択し、該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号を発生させる回路を内蔵した、ことを特徴とする。

#### 【0013】

上記目的を達成する本発明の第二形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用 L S I は、媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用 L S I において、前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第 5 高調波成分を測定する回路を内蔵した、ことを特徴とする。

#### 【0014】

上記目的を達成する本発明の第一形態の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第1の第5高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第2の第5高調波成分を測定し、前記第1の第5高調波成分と前記第2の第5高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLT Sを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号をなすビット列パターンのデータおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンのデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択する手段と、該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号を発生させる手段と、を備えたことを特徴とする。

## 【0015】

上記目的を達成する本発明の第二形態の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第1の第5高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第2の第5高調波成分を測定し、前記第1の第5高調波成分と前記第2の第5高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLT Sを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する手段を備えたことを特徴とする。

## 【0016】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図1は、本発明による磁気ディスク装置の第1実施形態のブロック構成図である。磁気ディスク装置1は、高保持力の磁性膜を用い円板状の媒体上にトラックが形成された磁気ディスク2を回転させつつ、磁気ディスク2に対向して配置さ

れた磁気ヘッド3に記録電流を供給することにより磁気ヘッド3に磁界を発生させ、磁気ディスク2をトラック進行方向に磁化することにより磁気ディスク2にデータを記録する。このとき、磁気ヘッド3は、アクチュエータ4により磁気ディスク2の半径方向に移動し、同心円状に形成された磁気ディスク2のトラック上にデータを記録して行く。また、磁気ヘッド3には、ヘッドIC5から記録電流が供給され、記録データに応じた磁界が発生される。

#### 【0017】

記録データは、まず外部から制御回路6に供給される。NLTS測定に用いられる記録データは、基準信号としての基準パターンRefおよび被測定信号としての被測定パターンDibit (…00110000…)、Tribit (…00111000…)、2T (…00101000…) およびHTS (…1010…) を有する。ここで、NLTSについて、以下に簡単に説明する。

#### 【0018】

図2は磁気記録時に生じるNLTSの説明図である。横軸は磁気ディスクのトラック上の位置を示す。図2は紙面の正面から見て左から右にデータが記録される様子を示す。図2の上段にはデータの記録符号を示し、2段目以降は、順に、磁気ヘッドの記録電流 $I_w$ 、磁界 $H_x$ および媒体の磁束 $\Phi$ を示す。図2に示すように記録電流 $I_w$ に対してNLTS1、磁界 $H_x$ に対してNLTS2、媒体の磁束 $\Phi$ に対してNLTS3がそれぞれ生じる。それゆえトータルのNLTS(=NLTS1+NLTS2+NLTS3)が大となり、記録したデータの再生時に読取りエラーが生じる虞がある。

#### 【0019】

再び図1の説明に戻る。

制御回路6は、外部から上述した記録データを受信して、エンコーダ7に供給する。エンコーダ7は、制御回路6から供給された記録データを磁気ディスク2に記録するため、NRZ (Non-Return to Zero) のデータに変換して出力する。エンコーダ7の出力信号は、記録補正回路8に供給される。なお、NRZとは、非ゼロ復帰記録方式と呼ばれるもので、2値信号パルス列において、単位符号間隔の長さとはパルスの長さが同じになるパルス波形で記録を行なう記録方式であ

る。

#### 【 0 0 2 0 】

記録補正回路 8 は、エンコーダ 7 の出力記録信号のビット配列を検出してビット配列に応じた補正を行なう。記録補正回路 8 で補正された記録信号は、ヘッド IC 5 に供給される。ヘッド IC 5 は、記録補正回路 8 から供給された記録データに応じた記録電流を磁気ヘッド 3 に供給する。

一方、磁気ヘッド 3 により再生された信号は、ヘッド IC 5 に供給されて増幅された後、A G C (Automatic Gain Control) 回路 9 に供給される。A G C 回路 9 は、ヘッド IC 5 から供給された信号の振幅を一定に制御して出力する。

#### 【 0 0 2 1 】

A G C 回路 9 の出力信号は、信号検出回路 1 0 に供給され、再生データが検出される。信号検出回路 1 0 で検出された再生データは、デコーダ 1 1 に供給され、デコードされた後、制御回路 6 に供給される。制御回路 6 では、再生データを外部に出力する。また、A G C 回路 9 の出力信号は、サーボ復調回路 1 2 に供給される。サーボ復調回路 1 2 では、A G C 回路 9 から供給された信号からサーボ信号を復調して、サーボ制御回路 1 3 に供給する。サーボ制御回路 1 3 は、サーボ復調回路 1 2 から供給されるサーボ信号と制御回路 6 から供給される制御信号とに応じて磁気ヘッド 5 の現在の位置と記録または再生を行なうべき位置との差に応じたドライブ制御信号を生成して、ドライブ回路 1 4 に供給する。

#### 【 0 0 2 2 】

ドライブ回路 1 4 は、サーボ制御回路 1 3 から供給されたドライブ制御信号に応じてアクチュエータ 4 を駆動するドライブ信号を生成し、アクチュエータ 4 に供給する。アクチュエータ 4 は、ドライブ回路 1 4 からのドライブ信号に応じて駆動され、磁気ヘッド 5 を所定の位置に移動させる。このような磁気ディスク装置 1 で、磁気ディスク 2 にデータを記録する場合、磁気ディスク 2 を磁化する必要があるため、記録媒体上の前記録データの磁化の反転の影響により記録データに位置ずれが発生し、本来の磁化反転位置から位置ずれが生じてしまう。

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 は、本発明による磁気ディスク装置の第 2 実施形態のブロック構成図であ

る。図 3 に示す磁気ディスク装置 1 0 0 は、図 1 に示す磁気ディスク装置 1 において、制御回路 1 6 と記録補正回路 1 8 とを下記のように構成し、制御回路 1 6 とエンコーダ 7 との間にパターン発生回路 2 0 を設け、L S I 2 1 で構成したものである。

#### 【 0 0 2 4 】

制御回路 1 6 は次のように動作する。すなわち、制御回路 1 6 は、エンコーダ 7 に供給する基準信号または被測定信号をなすビット列パターンの記録データを選択する指令を外部から受け、パターン発生回路 2 0 に供給する。また、制御回路 1 6 は後述する 5 次高調波法による N L T S の算出結果を記録補正回路 1 8 に供給する。記録補正回路 1 8 は供給された N L T S の算出結果に応じて補償した記録信号をヘッド I C 5 に供給する。

#### 【 0 0 2 5 】

図 4 は、図 3 の磁気ディスク装置に用いられるパターン発生回路の一実施例のブロック構成図である。パターン発生回路 2 0 は、制御回路 1 6 から供給される指令に応じて、予め選択回路 3 0 内の不揮発性メモリ (図示せず) に格納したそれぞれ 3 0 ビットからなる基準信号としての基準パターン Ref (…11110000…) および被測定信号としての被測定パターン Dibit (…00110000…)、Tribit (…00111000…)、2T (…00101000…) および HTS (…1010…) の中から一つの記録データを選択し、その 3 0 ビットの記録データをシフトレジスタ 3 1 に供給する。シフトレジスタ 3 1 は、3 0 ビット並列入力直列出力シフトレジスタであり、S / L モードが 0 のとき 3 0 ビットの並列記録データを書き込み、S / L モードが 1 のとき書き込まれたデータを任意のビットから 1 ビットずつサイクリックに直列シフトしてエンコーダ 7 に供給する。このように、3 0 ビットの記録データはエンコーダ 7 に供給される。

#### 【 0 0 2 6 】

また、本発明による磁気ディスク装置の他の実施形態として、L S I 2 1 内部の A G C 回路 9 と信号検出回路 1 0 との間に高速フーリエ変換器 ( F F T ; 図示せず) を設け、A G C 回路 9 から出力される再生信号から 5 次高調波成分を検出し、制御回路 1 6 を介して外部に 5 次高調波成分を出力するように構成すること

もできる。

#### 【 0 0 2 7 】

次に、5次高調波法によるN L T S測定の基本形について以下に説明する。なお、ここでは第1実施形態に係る磁気ディスク装置を参照しつつ説明する。このN L T S測定方法は下記の3つのステップから構成される。

ステップ1では、1ビットのパルス幅をTとして15ビット毎に（15Tで）極性が反転する30Tのビット列パターンを繰り返す基準信号を外部から制御回路6に送り、データを磁気ディスク2上に記録し、その再生信号をAGC回路9の出力から検出し、その第5高調波信号（以下、5次成分と記す）をスペクトラムアナライザまたはFFCにより測定する。この5次成分をV5refとする。磁気ディスク2上に記録するデータの記録符号をレベルで表示するNRZ表記および記録符号をレベルの反転で表示するNRZI表記により上記基準信号を以下に示す。

#### 【 0 0 2 8 】

基準信号 : NRZ表記 : 11111111111111 0000000000000000

NRZI表記 : 1000000000000000 1000000000000000

ステップ2では、ステップ1と同様に、Dibitパターンを含む30Tのビット列パターンを繰り返す被測定信号によりデータを磁気ディスク2上に記録し、その再生信号の5次成分V5patをスペクトラムアナライザまたはFFCにより測定する。NRZ表記およびNRZI表記により上記被測定信号を以下に示す。

#### 【 0 0 2 9 】

被測定信号 : NRZ表記 : 1000000011111111 0111111100000000

NRZI表記 : 1100000001000000 1100000001000000

ステップ3では、ステップ1およびステップ2で測定した5次成分をV5refおよびV5patから比率 $V_{ab}=V_{5pat}/V_{5ref}$ を算出する。次いで、Dibitで生じるN L T S (Dibit) を下式(1)から算出する。ここで、N L T Sは1Tで規格化した値、すなわち1Tのパルス幅を1（100%）とした値である。

#### 【 0 0 3 0 】

$$N L T S (Dibit) = \arccos [(2 - V_{ab}^2)/2] * 3/\pi \cdots (1)$$

上式(1)は、下式(2)により近似できる。

$$N L T S (Dibit) = V_{ab} * 3 / \pi \cdots (2)$$

次に、各種の被測定パターンを用いた5次高調波法によるNLTS測定について以下に説明する。ここでは、基準パターンを共通とし、種類の被測定パターンを設け、かつ測定も第5高調波としている。また、被測定パターンの選択については再生信号にMRヘッドの非線形性をモデル化した再生信号を使用して耐MR非線形性のパターンを選択している。

【 0 0 3 1 】



【表 1】

5 次高調波法による各種 NLTS の測定パターン

NLTS測定種類		記録パターンA (NRZ表記)																														NLTS	Asymによる 絶対値誤差	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
被測定 パターン	Dibit (Original)	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Dibit両極性のNLTS平均値	- 5%
	Tribit (両極性)	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tribit両極性のNLTS平均値	+ 5%
	2T (両極性)	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2Tパターン両極性のNLTS 平均値	- 5%
	HTS (0/White)	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	単一極性のNLTS
基準 パターン	Ref (共通)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

【表 1】は、5 次高調波法による NLTS 測定に用いられる基準信号および被測定信号の各種記録パターンの一覧表である。【表 1】において、上段に各列の項目を示す。各項目は、左から順に第 1 列目は NLTS の測定種類、第 2 列目は

記録パターン、第3列目はNLTS、第4列目はAsymmetryによる絶対値誤差を示す。

#### 【0032】

〔表1〕において、左から第1列目にはNLTSの測定種類として、被測定パターンDibit (…00110000…)、Tribit (…00111000…) および2T (…00101000…) の両極性、HTS (…1010…) の単一極性および基準測定パターンRef (…10001000…) が記されている。

〔表1〕において、左から第2列目には上記基準パターンおよび被測定パターンがNRZI表記で示されている。これらのパターンから選択されたデータが、記録データとして外部から制御回路16に30T毎に繰り返し供給される。

#### 【0033】

〔表1〕において、左から第3列目にはNLTSが記されている。上から順に被測定パターンDibit、Tribitおよび2Tの両極性のNLTS平均値、被測定パターンHTSの単一極性のNLTSが記されている。

〔表1〕において、左から第4列目には非対称 (Asymmetry) による絶対値誤差が示されている。この誤差は、記録データの再生信号として磁気ヘッド3から検出される誘起電圧から下式(3)により算出される。

#### 【0034】

$$Er = (V_{p+} - V_{p-}) / 2 * (V_{p+} + V_{p-}) \cdots (3)$$

ここで、Erは誤差、Vp+は+誘起電圧のピーク値の絶対値、Vp-は-誘起電圧のピーク値の絶対値である。

〔表2〕は、〔表1〕に示す5次高調波法によるNLTS算出式の一覧表である。〔表2〕において、上段に各列の項目を示す。各項目は、左から順に第1列目はNLTSの測定種類、第2列目は被測定信号の第5高調波成分V5pat、第3列目は基本信号の第5高調波成分V5ref、第4列目は第5高調波成分の比率Vab、第5列目はNLTSの計算式の厳密解と近似解を示す。

#### 【0035】

【表 2】

5 次高調波法による各種 NLTS の算出式

NLTS 測定種類	V5pat	V5ref	(V5pat/V5ref)=Vab	NLTS 計算式	
				厳密解	近似解
Dibit (0 両極性)	$[1 + \exp(-j\pi/3\omega)] * [1 + \exp(-j\pi/3\omega^2) - \exp(-j\pi/3\omega(1 - \pi/3\omega))]$		$ 1 + \exp(-j\pi/3\omega) $	$\arccos[(2 - \sqrt{ab^2})/2] * 3/P1$	$Vab * 3/P1$
Tribit (両極性)	$[1 + \exp(-j\pi/3\omega)] * [1 + \exp(-j\pi/3\omega(2 - \pi/3\omega))]$		$ 1 + \exp(-j\pi/3\omega) $	$2 - \arccos[(Vab^2 - 2)/2] * 3/P1$	-
2T (両極性)	$[1 + \exp(-j\pi/3\omega)] * [1 + \exp(-j\pi/3\omega^2) - \exp(-j\pi/3\omega(2 - \pi/3\omega))]$	$[1 + \exp(-j\pi/3\omega)]$	$ 1 - \exp(-j\pi/3\omega(1 - \pi/3\omega)) $	$1 - \arccos[(2 - \sqrt{ab^2})/2] * 3/P1$	$1 - Vab * 3/P1$
HTS (0/W NLTS)	$[1 - \exp(-j\pi/3\omega)] * \exp(-j\pi/3)$		$ 1 - \exp(-j\pi/3\omega)  /  1 + \exp(-j\pi/3\omega) $	$\arccos[(1 - \sqrt{ab^2})/(1 + \sqrt{ab^2})] * 3/P1$	$Vab * 6/P1$

【表 2】において、左から第 1 列目には NLTS の測定種類 Dibit、Tribit、2T の両極性および HTS の単一極性が記されている。【表 2】において、nlts は前ビ

ットの記録再生時のNLTS、owは下地によるNLTSを示す。また、測定可能な磁化反転連続のNLTSは、Dibitであれば2ビット目のNLTSであり、Tribitであれば3ビット目のNLTSであり、2TであればDibitの半分の周波数で生じるNLTSである。

【0036】

次に、5次高調波法による各種NLTSの算出式について以下に詳述する。

1. Dibit NLTS(両極性) : 30T

○ Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置 : [0, 1, 8, 15, 16, 23]

前bitによるNLTSをbit周期Tで正規化したものをtn、前歴によるNLTSを正規化したものをtowとする。

【0037】

$$V_a(t) = h(t) - h(t - T - T_{tow} + T_{tn}) + h(t - 8T) - h(t - 15T - T_{tow}) + h(t - 16T + T_{tn}) \\ - h(t - 23T - T_{tow})$$

$$V_a(f) = H(f) [\exp(0) - \exp(-j\omega T(1 + tow - tn)) + \exp(-j\omega T(8)) \\ - \exp(-j\omega T(15 + tow)) + \exp(-j\omega T(16 - tn)) - \exp(-j\omega T(23 + tow))]$$

第5次成分は $5f_0 = 5/T_0 = 5/(30T) = 1/(6T)$ であるため、

$\omega T = 2\pi fT = 2\pi 5f_0T = 3/\pi$ 。ここで $f_0$ は繰り返し基準周波数。

【0038】

よって $V_a(f)$ の第5次成分 $V_a(5f_0)$ は以下の式となる。

$$V_a(5f_0) = H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1 + tow - tn)) + \exp(-j\pi/3*8) \\ - \exp(-j\pi/3(15 + tow)) + \exp(-j\pi/3(16 - tn)) \\ - \exp(-j\pi/3(23 + tow))] \\ = H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1 + tow - tn)) + \exp(-j\pi/3*2) + \exp(-j\pi/3*tow) \\ - \exp(-j\pi/3(1 - tn)) + \exp(-j\pi/3(2 + tow))] \\ = H(f) [1 + \exp(-j\pi/3*tow) - \exp(-j\pi/3(1 - tn)) * (1 + \exp(-j\pi/3*tow)) \\ + \exp(-j\pi/3*2) * (1 + \exp(-j\pi/3*tow))] \\ = H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) * (1 + \exp(-j\pi/3*2) - \exp(-j\pi/3(1 - tn)))] \\ = H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) * (\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(1 - tn)))]$$

…(1-1)

- 同様にBパターンの第5次成分 $V_b(5f_0)$ を求める。

【0 0 3 9】

Bパターン磁化反転位置：[0, 15]

$$\begin{aligned} V_b(5f_0) &= H(f) [\exp(-j\pi/3(0)) - \exp(-j\pi/3(15+tow))] \\ &= H(f) [1 + \exp(-j\pi/3*tow)] \quad \dots (1-2) \end{aligned}$$

- NLTS算出式の導出

まず、 $V_{ab} = V_a(5f_0)/V_b(5f_0)$ を算出する。ここで $V_a(5f_0)$ 及び $V_b(5f_0)$ はスペクトラムアナライザで測定するため絶対値のみが測定されている。よって $V_{ab}$ は(1-1)、(1-2)式より、

$$\begin{aligned} V_{ab} &= |V_a(5f_0)/V_b(5f_0)| \\ &= |\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(1-t_n))| \\ &= |\exp(-j\pi/3)(1 - \exp(+j\pi/3*t_n))| \\ &= |1 - \exp(+j\pi/3*t_n)| \end{aligned}$$

ここで、 $\exp(+j\pi/3*t_n)$ の実数部を $\text{Re}(x)$ 、虚数部を $\text{Im}(x)$ とすると、

$$\begin{aligned} V_{ab} &= ((1 - \text{Re}(x))^2 + \text{Im}(x)^2)^{1/2} \\ &= (1 + \text{Re}(x)^2 + \text{Im}(x)^2 - 2\text{Re}(x))^{1/2} \end{aligned}$$

実数部 $\text{Re}(x)$ は、

$$\text{Re}(x) = (2 - V_{ab}^2)/2$$

よって位相角 $\phi$ は、

$$\phi = \text{acos}(\text{Re}(x)) = \text{acos}((2 - V_{ab}^2)/2)$$

$f_0$ の5次成分で見た場合の $T$ は $\pi/3$ であるため1Tに対するNLTS量は以下の式で算出される。

【0 0 4 0】

$$\begin{aligned} \text{NLTS} &= \phi * 3 / \pi \\ &= \text{acos}((2 - V_{ab}^2)/2) * 3 / \pi \quad \dots (1-3) \end{aligned}$$

2. Tribit NLTS (両極性) : 3 0 T

- Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置：[0, 1, 2, 6, 7, 9, 12, 15, 16, 17, 21, 22]

上記Dibit NLTSの算出と同様に、

$$\begin{aligned} V_a(5f_0) = & H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1-t_{n1}+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(2-t_{n2})) \\ & - \exp(-j\pi/3(6+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(7-t_{n1})) \\ & - \exp(-j\pi/3(9+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(12)) \\ & - \exp(-j\pi/3(15+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(16-t_{n1})) \\ & - \exp(-j\pi/3(17-t_{n2}+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(21)) \\ & - \exp(-j\pi/3(22-t_{n1}+t_{ow}))] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} = & H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1-t_{n1}+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(2-t_{n2})) \\ & - \exp(-j\pi/3*t_{ow}) + \exp(-j\pi/3(1-t_{n1})) + \exp(-j\pi/3*t_{ow}) + 1 \\ & + \exp(-j\pi/3*t_{ow}) - \exp(-j\pi/3(1-t_{n1})) \\ & + \exp(-j\pi/3(2-t_{n2}+t_{ow})) - 1 + \exp(-j\pi/3(1-t_{n1}+t_{ow}))] \\ = & H(f) [1 + \exp(-j\pi/3*t_{ow}) + \exp(-j\pi/3(2-t_{n2})) \\ & + \exp(-j\pi/3(1-t_{n2}+t_{ow}))] \end{aligned}$$

$$= H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*t_{ow})) (1 + \exp(-j\pi/3(2-t_{n2})))] \cdots (2-1)$$

NLTS算出式の導出 BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1-2)、(2-1)式より、

$$V_{ab} = | 1 + \exp(-j\pi/3(2-t_{n2})) |$$

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求めると、

$$\text{Re}(x) = (V_{ab}^2 - 2)/2$$

ここで、Vabが第3象限である $-2\pi/3$ を基準としていることに注意し、且つ、 $\text{acos}(x)$ の演算結果が $0 \sim \pi$ であるためNLTSは以下の式で算出される。

【 0 0 4 1 】

$$\begin{aligned} \text{NLTS} &= (2\pi/3 - \text{acos}((V_{ab}^2 - 2)/2)) * 3/\pi \\ &= 2 - \text{acos}((v_{ab}^2 - 2)/2) * 3/\pi \cdots (2-2) \end{aligned}$$

### 3. O/W NLTS=HTS: 5次高調波法: 3 OT

#### ○ Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置: [0, 2, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 18, 20]

上記Dibit NLTSの算出と同様に、

$$V_a(5f_0) = H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2+t_{ow})) + \exp(-j\pi/3(4))$$

$$\begin{aligned}
 & - \exp(-j\pi/3(6+tow)) + \exp(-j\pi/3(8)) - \exp(-j\pi/3(12+tow)) \\
 & + \exp(-j\pi/3(14)) - \exp(-j\pi/3(16+tow)) + \exp(-j\pi/3(18)) \\
 & - \exp(-j\pi/3(20+tow))] \\
 = & H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2+tow)) + \exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3*tow) \\
 & + \exp(-j\pi/3(2)) - \exp(-j\pi/3*tow) + \exp(-j\pi/3*2) \\
 & + \exp(-j\pi/3(1+tow)) + 1 - \exp(-j\pi/3(2+tow))] \\
 = & H(f) [2 - 2\exp(-j\pi/3(2+tow)) + 2\exp(-j\pi/3*2) \\
 & - 2\exp(-j\pi/3*tow) + \exp(-j\pi/3(1+tow)) - \exp(-j\pi/3)] \\
 = & H(f) [(1 - \exp(-j\pi/3*tow)) \exp(-j\pi/3)] \dots (3-1)
 \end{aligned}$$

○ NLTS算出式の導出

BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1-2)、(3-1)式より

$$\begin{aligned}
 Vab &= | (1 - \exp(-j\pi/3*tow)) \exp(-j\pi/3) | / \\
 & | 1 + \exp(-j\pi/3*tow) | \\
 &= | 1 - \exp(-j\pi/3*tow) | / | 1 + \exp(-j\pi/3*tow) |
 \end{aligned}$$

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求める。

【 0 0 4 2 】

$$\begin{aligned}
 Vab^2 &= [(1 - \text{Re}(x))^2 + \text{Im}(x)^2] / [(1 + \text{Re}(x))^2 + \text{Im}(x)^2] \\
 &= (1 - \text{Re}(x)) / (1 + \text{Re}(x)) \\
 \therefore \text{Re}(x) &= (1 - Vab^2) / (1 + Vab^2)
 \end{aligned}$$

よってNLTSは以下の式で算出される。

$$NLTS = \arccos((1 - Vab^2) / (1 + Vab^2)) * 3 / \pi \dots (3-2)$$

4. 2T NLTS : 3 0 T

○ Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置 : [0, 2, 8, 15, 17, 23]

上記Dibit NLTSの算出と同様に、

$$\begin{aligned}
 Va(5f0) &= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2-tn+tow)) + \exp(-j\pi/3*8) \\
 & - \exp(-j\pi/3(15+tow)) + \exp(-j\pi/3(17-tn)) \\
 & - \exp(-j\pi/3(23+tow))]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2-t_n+tow)) + \exp(-j\pi/3*2) + \exp(-j\pi/3*tow) \\
 &\quad - \exp(-j\pi/3(2-t_n)) + \exp(-j\pi/3(2+tow))] \\
 &= H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) (\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(2-t_n))) ] \\
 &= H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) (\exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-t_n))))] \\
 &\dots (4-1)
 \end{aligned}$$

○ NLTS算出式の導出

BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1-2)、(4-1)式より

$$\begin{aligned}
 Vab &= | \exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-t_n))) | \\
 &= | (1 - \exp(-j\pi/3(1-t_n))) |
 \end{aligned}$$

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求める。

【 0 0 4 3 】

$$Vab^2 = (1 - \text{Re}(x))^2 + \text{Im}(x)^2$$

$$\therefore \text{Re}(x) = (2 - Vab^2) / 2$$

よってNLTSは以下の式で算出される。

$$NLTS = 1 - \arccos((2 - Vab^2)/2) * 3/\pi \dots (4-2)$$

5. O/W手法によるO/W NLTS(Hard Transition Shift)

○ 基準パターンの基本周波数成分VF2: 周期 4 T

Aパターン磁化反転位置: [0, 2]

$$VF2(t) = x(0) - x(2T + Tow)$$

VF2(t)の1周期(1/f0)は4 Tに相当するので $\omega T = 2\pi f_0$

上記Dibit NLTSの算出と同様に、

$$\begin{aligned}
 Va(5f_0) &= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2-t_n+tow)) + \exp(-j\pi/3*8) \\
 &\quad - \exp(-j\pi/3(15+tow)) + \exp(-j\pi/3(17-t_n)) \\
 &\quad - \exp(-j\pi/3(23+tow))] \\
 &= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2-t_n+tow)) + \exp(-j\pi/3*2) \\
 &\quad + \exp(-j\pi/3*tow) - \exp(-j\pi/3(2-t_n)) + \exp(-j\pi/3(2+tow))] \\
 &= H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) (\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(2-t_n)))] \\
 &= H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) (\exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-t_n))))]
 \end{aligned}$$



…(5-1)

○ NLTS算出式の導出

BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1-2)、(4-1)式より

$$\begin{aligned} V_{ab} &= | \exp(-j\pi/3)(1 - \exp(-j\pi/3(1-t_n))) | \\ &= | (1 - \exp(-j\pi/3(1-t_n))) | \end{aligned}$$

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求める。

【0044】

$$V_{ab}^2 = (1 - \text{Re}(x))^2 + \text{Im}(x)^2$$

$$\therefore \text{Re}(x) = (2 - V_{ab}^2) / 2$$

よってNLTS (HTS) は以下の式で算出される。

$$\text{NLTS} = 1 - \arccos((2 - V_{ab}^2)/2) * 3 / \pi \cdots (5-2)$$

図5は従来技術により、図6～8は本発明による、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図であり、被測定信号として、図5は、Dibitパターンを、図6は、Tribitパターンを、図7は、2Tパターンを、図8は、HTS (0/W NLTS) パターンをそれぞれ用いた場合のNLTS計算結果を示す図である。

【0045】

図9～12は、非線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図であり、それぞれ図5～8に対応し、被測定信号として、図9は、Dibitパターンを、図10は、Tribitパターンを、図11は、2Tパターンを、図12は、HTS (0/W NLTS) パターンをそれぞれ用いた場合のNLTS計算結果を示す図である。図9(A)、図10(A)、図11(A)および図12(A)は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%～30%まで変化させたときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。図9(B)、図10(B)、図11(B)および図12(B)は、図9(A)、図10(A)、図11(A)および図12(A)において、それぞれ1ビット前の前記録データによるNLTSを0%に固定したときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。

【 0 0 4 6 】

(付記 1) 入力信号を受けその入力信号に応じて出力信号を発生する対象物における非線形性の測定方法であって、

前記対象物に第 1 の入力信号を供給し、その出力信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、

前記対象物に第 2 の入力信号を供給し、その出力信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、

前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記対象物における非線形遷移シフト N L T S を算出する、

各ステップを備えた対象物の入出力における非線形性の測定方法において、

複数種類の所定のパターンの信号から一つのパターンの信号を選択し、

前記選択したパターンの信号をサイクリックに出力して前記第 2 の入力の信号を発生する、

各ステップを備えたことを特徴とする非線形性の測定方法。

【 0 0 4 7 】

(付記 2) 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、

前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、

前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、

各ステップを備えた媒体の磁気記録再生における非線形性の測定方法において、

複数種類の所定のビット列パターンのデータから一つのビット列パターンのデータを選択し、

前記選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記被測定信号を発生する、

各ステップを備えたことを特徴とする磁気記録再生における非線形性の測定方法

## 【 0 0 4 8 】

(付記 3) 前記基準信号は、磁化と非磁化をそれぞれ一度同一期間行って前記媒体にデータを磁気記録するためのビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトした信号であり、

前記複数種類の所定のビット列パターンは、

磁化反転が 3 ビット連続して生じる T R I B I T を前記磁化と非磁化の各期間に対応してそれぞれ 1 つ含むビット列の第 1 パターンと、

磁化反転が 2 ビット間隔で生じる 2 T を前記磁化と非磁化の各期間に対応してそれぞれ 1 つ含むビット列の第 2 パターンと、

前記媒体における前記録の磁化方向の逆方向に磁化するように磁化反転が生じるビット構成 H T S を含むビット列の第 3 パターンと、  
を含む、付記 2 に記載の測定方法。

## 【 0 0 4 9 】

(付記 4) 磁化反転するビットを 1 で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第 0 ビット目および第 1 5 ビット目にある 100000000000000 100000000000000 の 3 0 ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第 1 パターンは、磁化反転位置が第 0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21 ビット目および第 2 2 ビット目にある 111000110100100 111000110000000 の 3 0 ビット列のパターンである、付記 3 に記載の測定方法。

## 【 0 0 5 0 】

(付記 5) 磁化反転するビットを 1 で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第 0 ビット目および第 1 5 ビット目にある 100000000000000 100000000000000 の 3 0 ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第 2 パターンは、磁化反転位置が第 0、2、8、15、17 ビット目および第 2 3 ビット目にある 101000001000000 101000001000000 の 3 0 ビット列のパターンである、付記 3 に記載の測定方法。

## 【 0 0 5 1 】

(付記 6) 磁化反転するビットを 1 で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第 0 ビット目および第 1 5 ビット目にある 100000000000000 100000000000000

0の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある101010101000101 0101010000000000の30ビット列のパターンである、付記3に記載の測定方法。

#### 【0052】

(付記7) 前記NLTSが、5%の誤差範囲内で測定される、付記2乃至6の何れか1つに記載の測定方法。

(付記8) 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第1の第5高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第2の第5高調波成分を測定し、前記第1の第5高調波成分と前記第2の第5高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIにおいて、

前記基準信号をなすビット列パターンのデータおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンのデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択し、該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号を発生させる回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

#### 【0053】

(付記9) 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第1の第5高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第2の第5高調波成分を測定し、前記第1の第5高調波成分と前記第2の第5高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIにおいて、

前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

#### 【0054】

(付記 1 0) 前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第 5 高調波成分を測定する回路を内蔵した、付記 8 に記載の磁気記録再生用 L S I。

(付記 1 1) 前記第 5 高調波成分を測定する回路が、高速フーリエ変換回路を備える、付記 9 または 1 0 に記載の磁気記録再生用 L S I。

【 0 0 5 5 】

(付記 1 2) 付記 8、9、1 0 または 1 1 に記載の磁気記録再生用 L S I において、前記第 5 高調波成分に基づいてライト補償回路を調整する回路を内蔵した、磁気記録再生用 L S I。

(付記 1 3) 付記 8、9、1 0、1 1 または 1 2 に記載の磁気記録再生用 L S I を搭載した磁気記録再生装置。

【 0 0 5 6 】

(付記 1 4) 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフト N L T S を算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、

前記基準信号をなすビット列パターンのデータおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンのデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択する手段と、

該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号を発生させる手段と、  
を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【 0 0 5 7 】

(付記 1 5) 媒体にデータを磁気記録するための基準信号を送り、その記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分を測定し、前記媒体にデータを磁気記録するための被測定信号を送り、その記録データの再生信号から第 2 の第 5 高調波成分を測定し、前記第 1 の第 5 高調波成分と前記第 2 の第 5 高調波成分とから

前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLT Sを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、

前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する手段を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【0058】

(付記16) 前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する手段を備えた、付記14に記載の磁気記録再生装置。

(付記17) 前記第5高調波成分を測定する手段が、高速フーリエ変換器を備える、付記15または16に記載の磁気記録再生装置。

【0059】

(付記18) 前記第5高調波成分に基づいてライト補償回路を調整する手段を備えた、付記14乃至17の何れか1つに記載の磁気記録再生装置。

(付記19) 前記再生信号を検出する磁気抵抗型ヘッドを備えた、付記14乃至18の何れか1つに記載の磁気記録再生装置。

(付記20) 前記NLT Sが、5%の誤差範囲内で測定される、付記13乃至19の何れか1つに記載の磁気記録再生装置。

【0060】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、互換性があるので各種NLT Sが被測定パターンと算出式とを変えるだけでMR非線形性が存在する系であってもそのまま測定可能であり、ヘッド媒体系でのNLT Sのモデル化が容易となり、ライト補償回路(WPC:Write Precompensation Circuit)の最適化がその測定値を信頼できる形で可能となる。そのWPC最適化にはNLT Sを算出式で計算するまでも無く、基準信号と被測定信号との5次成分の比率 $V_{ab}$ の値を使用することができる。例えばTribitパターンNLT S、2TパターンNLT Sでは $V_{ab}$ が1に近づけば各々のNLT Sは最小となる。

【0061】

また、本発明によれば、MR型再生ヘッドの非線形性を考慮しても5%程度の測定誤差で各種NLTSが測定可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による磁気ディスク装置の第1実施形態のブロック構成図である。

【図2】

磁気記録時に生じるNLTSの説明図である。

【図3】

本発明による磁気ディスク装置の第2実施形態のブロック構成図である。

【図4】

図3の磁気ディスク装置に用いられるパターン発生回路の一実施例のブロック構成図である。

【図5】

従来技術による被測定信号としてDibitパターンを用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図であり、NLTS計算結果を示す図である。

【図6】

本発明による被測定信号としてTribitパターンを用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す。

【図7】

本発明による被測定信号として2Tパターンを用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図である。

【図8】

本発明による被測定信号としてHTS (0/W NLTS) 用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示すである。

【図9】

(A) は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%~30%まで変化させたときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図であり、(B) は、

(A) において、それぞれ 1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % に固定したときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図である。

【図 1 0】

(A) は、1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % ～ 3 0 % まで変化させたときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図であり、(B) は、

(A) において、それぞれ 1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % に固定したときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図である。図である。

【図 1 1】

(A) は、1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % ～ 3 0 % まで変化させたときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図であり、(B) は、

(A) において、それぞれ 1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % に固定したときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図である。

【図 1 2】

(A) は、1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % ～ 3 0 % まで変化させたときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図であり、(B) は、

(A) において、それぞれ 1 ビット前の前記録データによる N L T S を 0 % に固定したときの 5 次高調波法による N L T S 測定結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1、1 0 0 …磁気ディスク装置
- 2 …磁気ディスク
- 3 …磁気ヘッド
- 4 …アクチュエータ
- 5 …ヘッド I C
- 6、1 6 …制御回路
- 7 …エンコーダ
- 8、1 8 …記録補正回路
- 9 …A G C 回路
- 1 0 …信号検出回路
- 1 1 …デコーダ



2 0 … パターン発生回路

3 0 … 選択回路

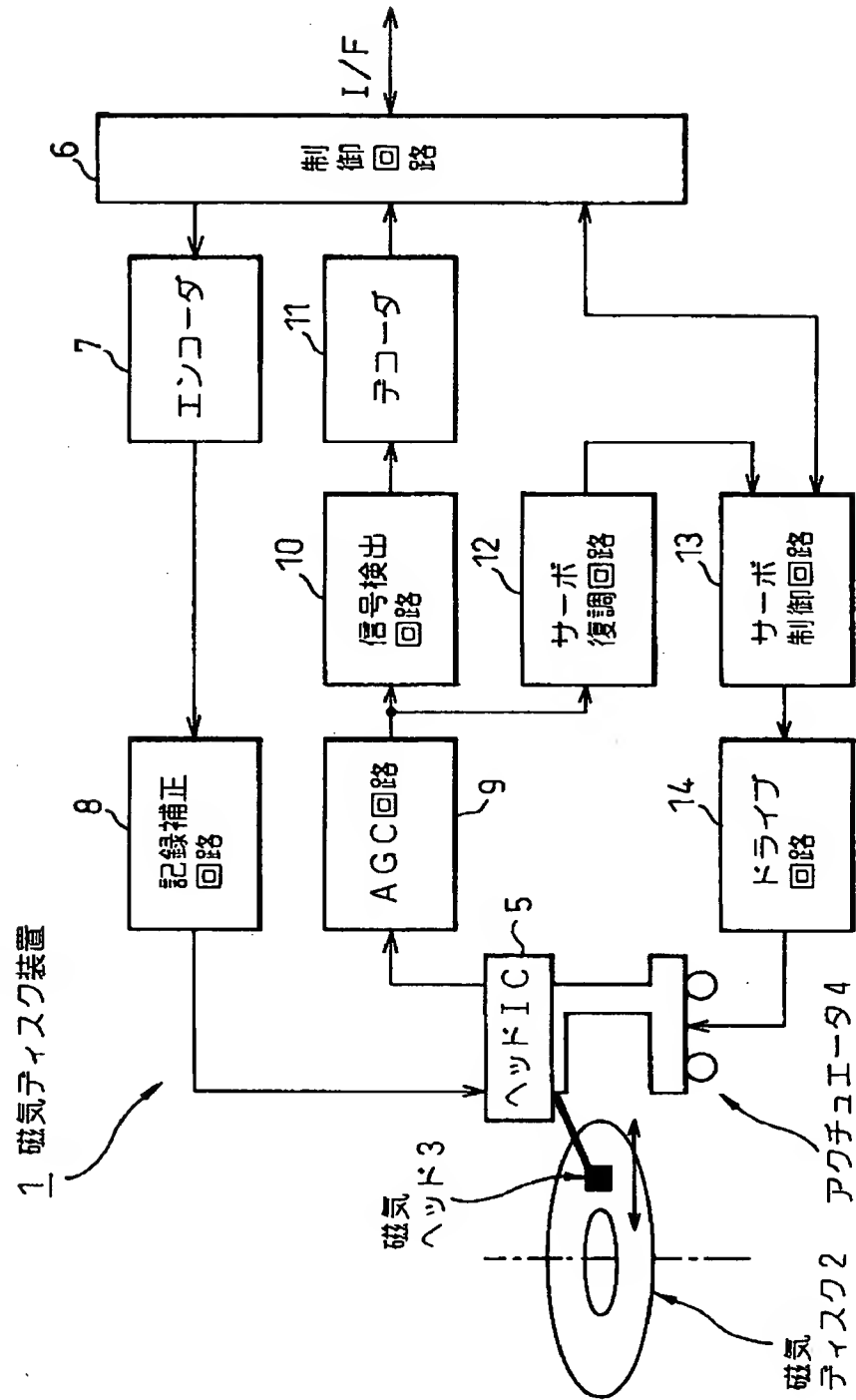
3 . 1 … シフトレジスタ

【書類名】

凶面

【図 1】

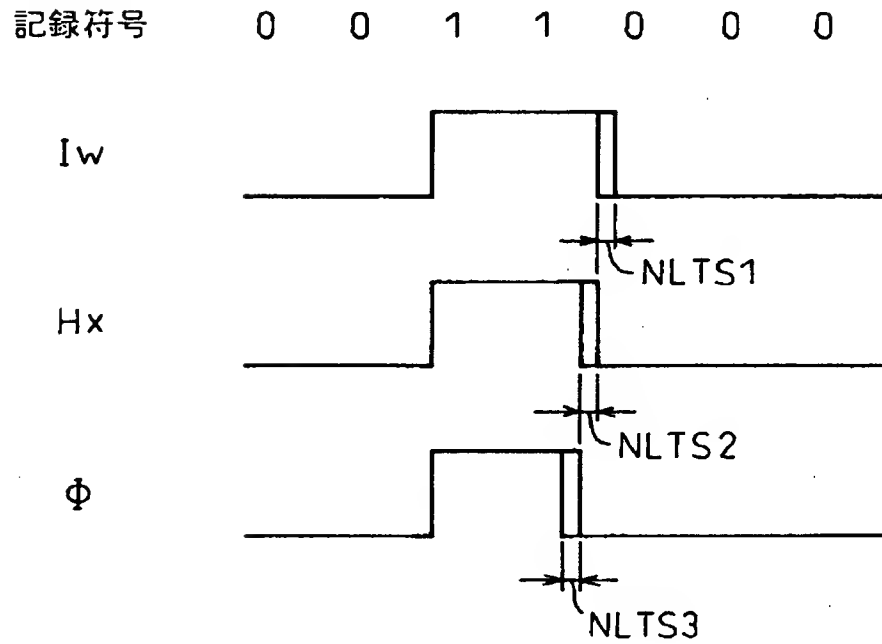
圖 1



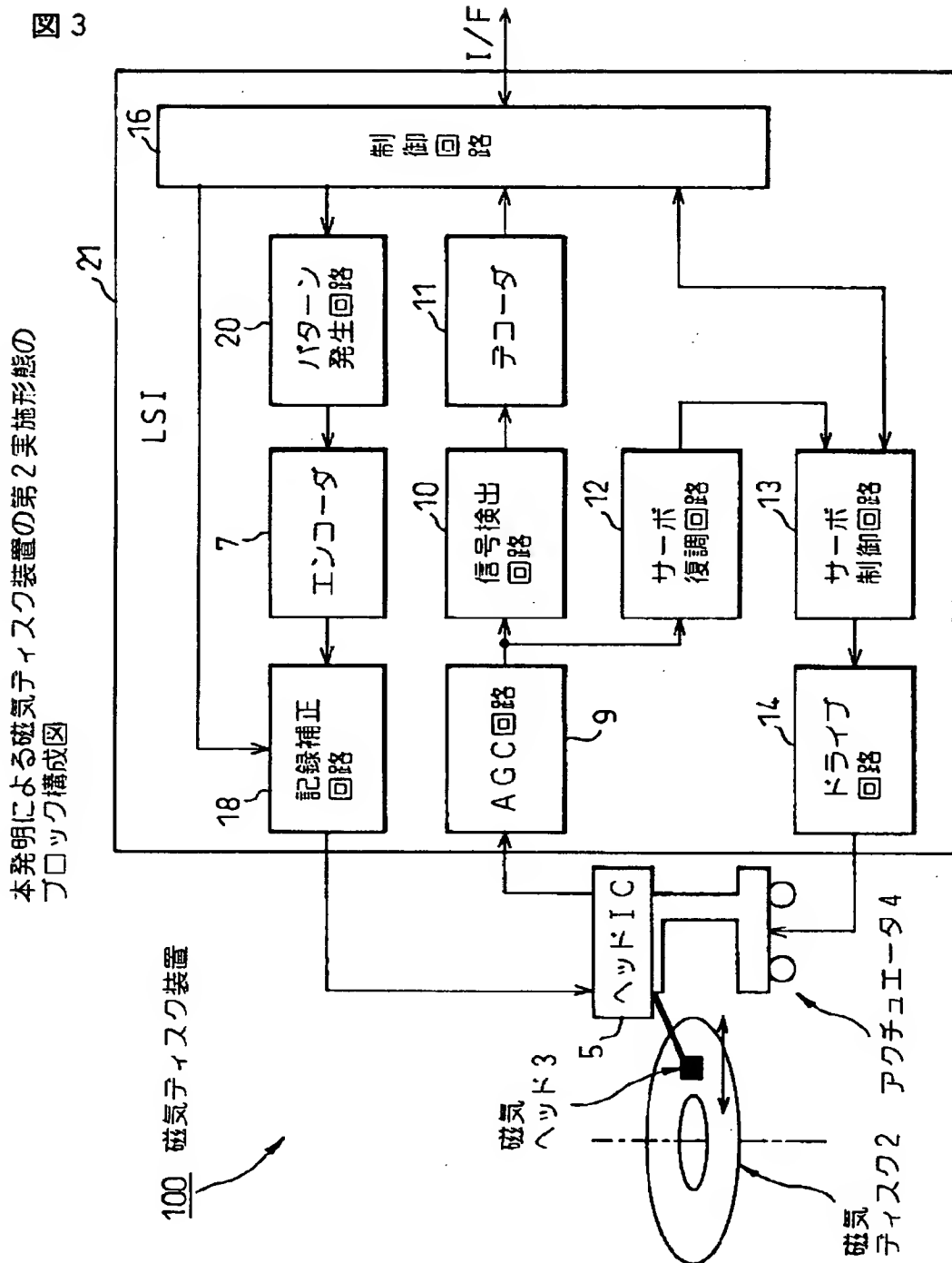
本発明による磁気ディスク装置の第1実施形態のブロック構成図

【図 2】

図 2 磁気記録時に生じるNLTSの説明図



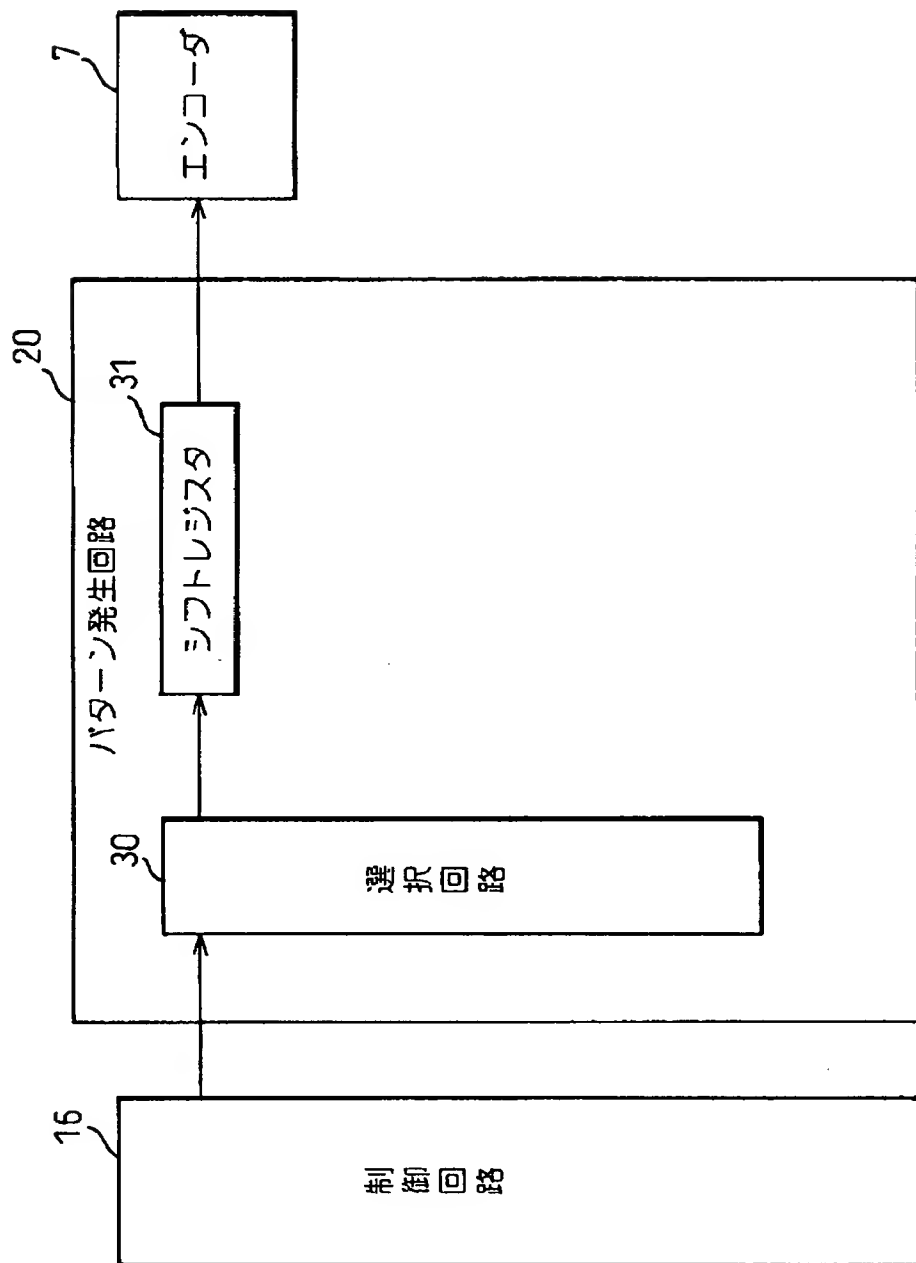
【図 3】



【図 4】

図 4

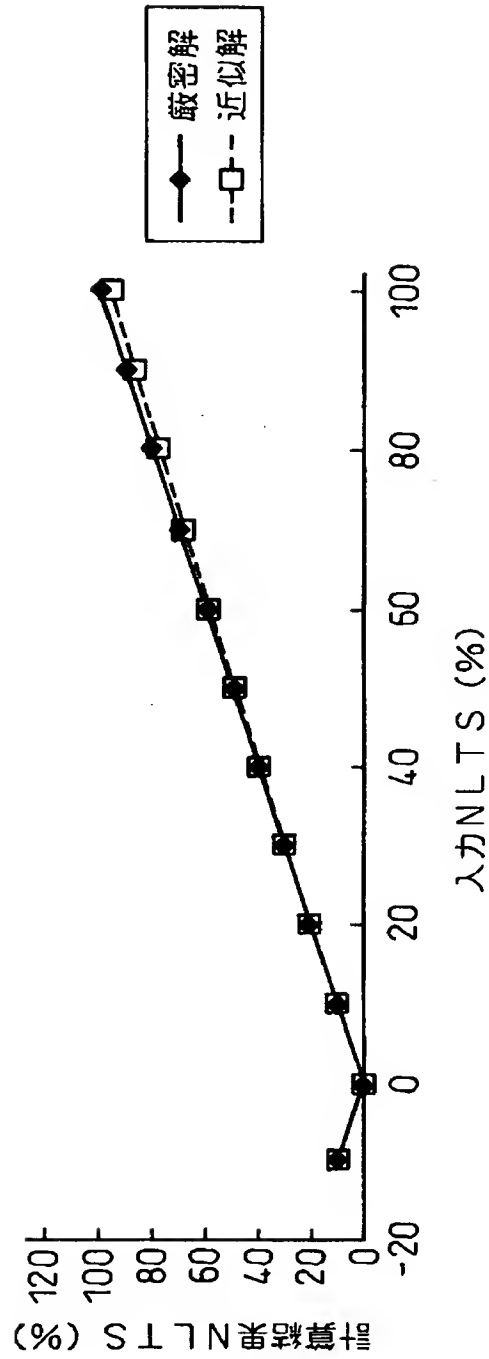
図 3 の磁気ディスク装置に用いられる  
パターン発生回路の一実施例のブロック構成図



【図 5】

図 5

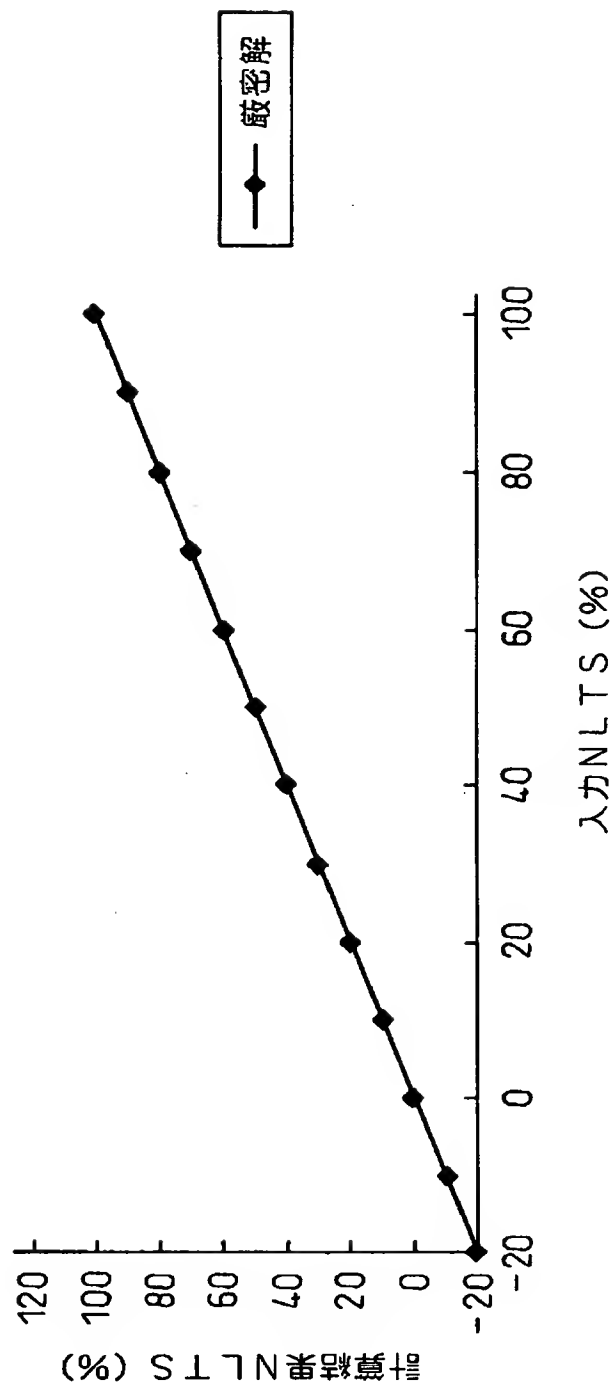
Dibit NLTS (従来例)  
5 次高調波法 Dibit NLTS 計算結果比較 (線形モデル)



【図 6】

図 6

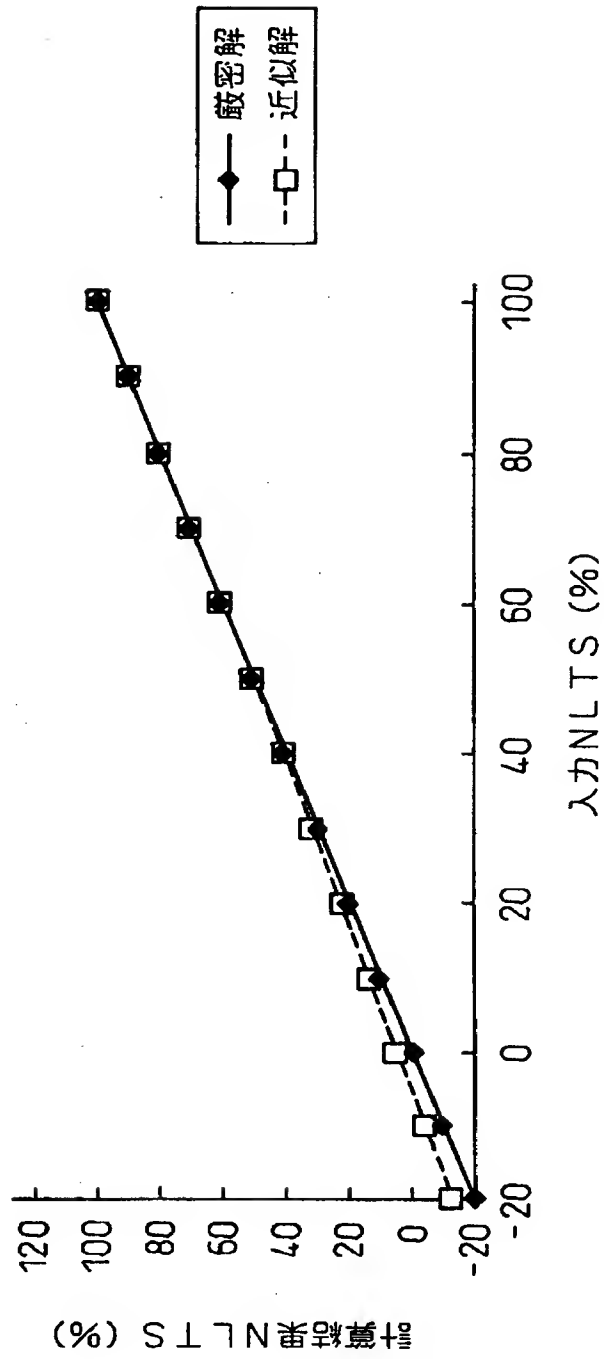
Tribit NLTS (本発明)  
5 次高調波法 Tribit NLTS 計算結果比較 (線形モデル)



【図 7】

図 7

2TパターンNLT S (本発明)  
5次高調波法2T NLT S計算結果比較 (線形モデル)

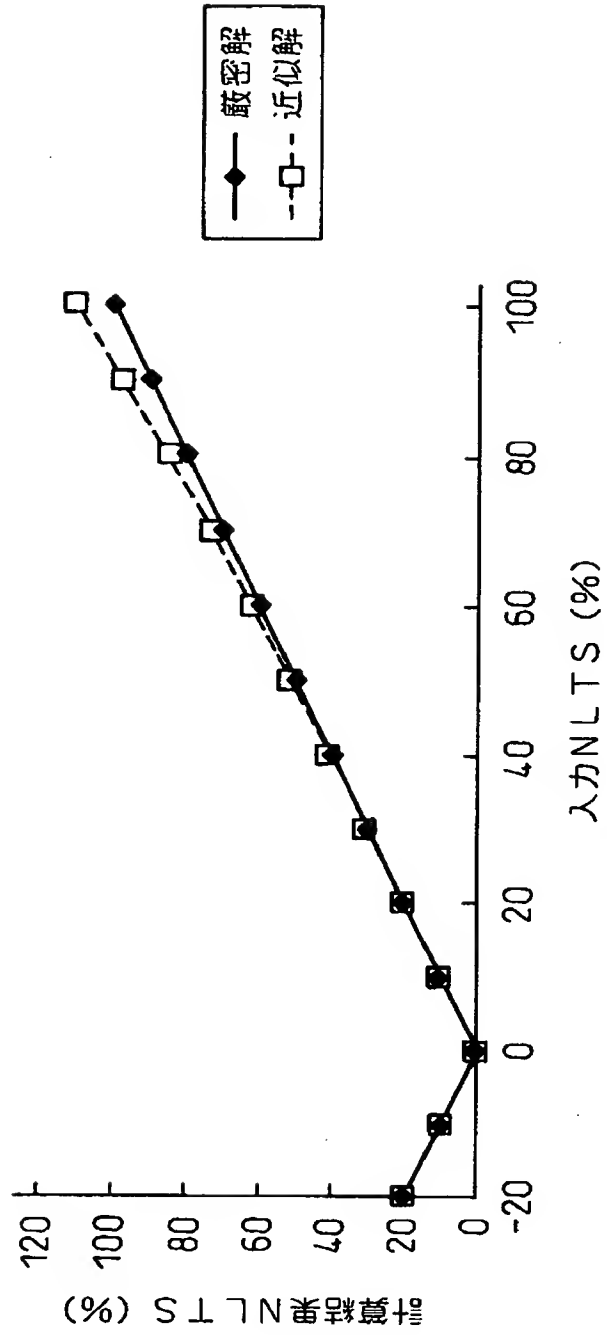




【図 8】

図 8

HTS (O/W NLTS) (本発明)  
5 次高調波法 O/W NLTS 計算結果比較 (線形モデル)

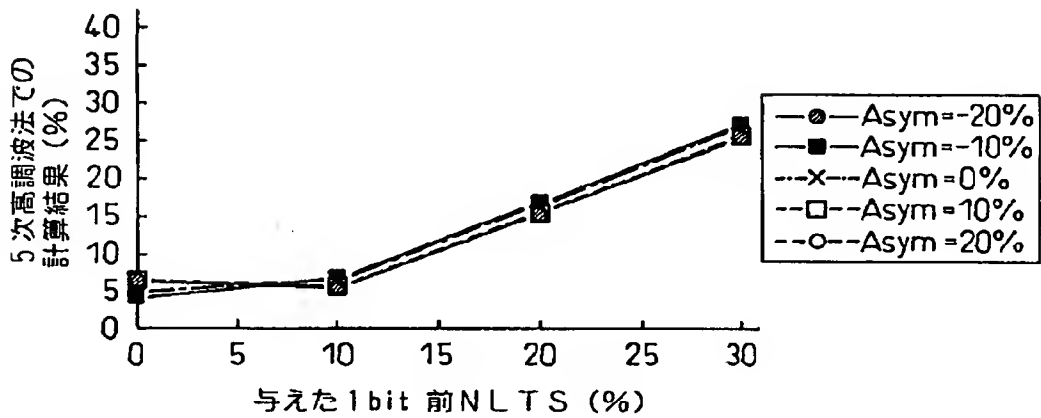


【図 9】

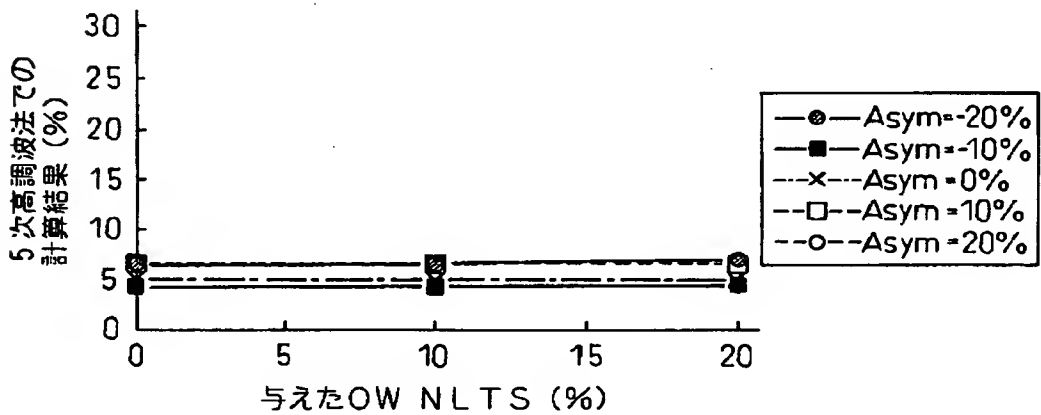
図 9

5 次高調波法のシミュレーション結果  
Dibit (Original) 両極性平均

(A) 前bit NLTS-OW NLTS=0%



(B) HTS-前bit NLTS=0%

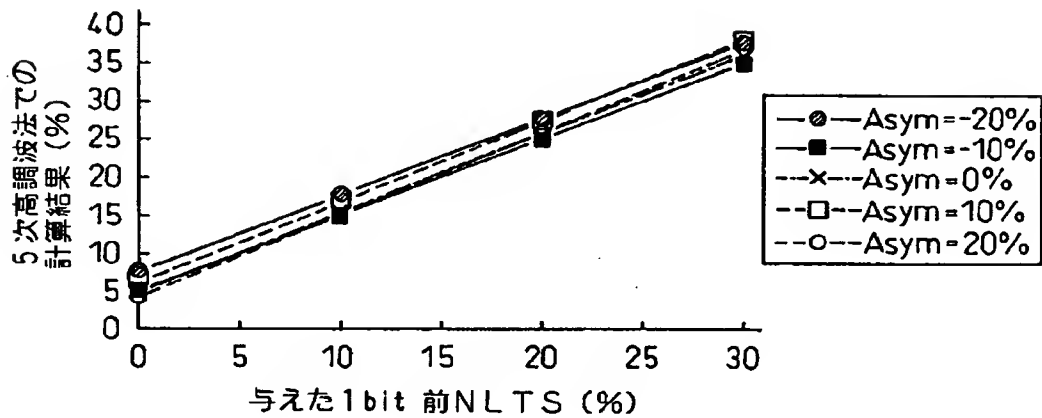


【図 1 0】

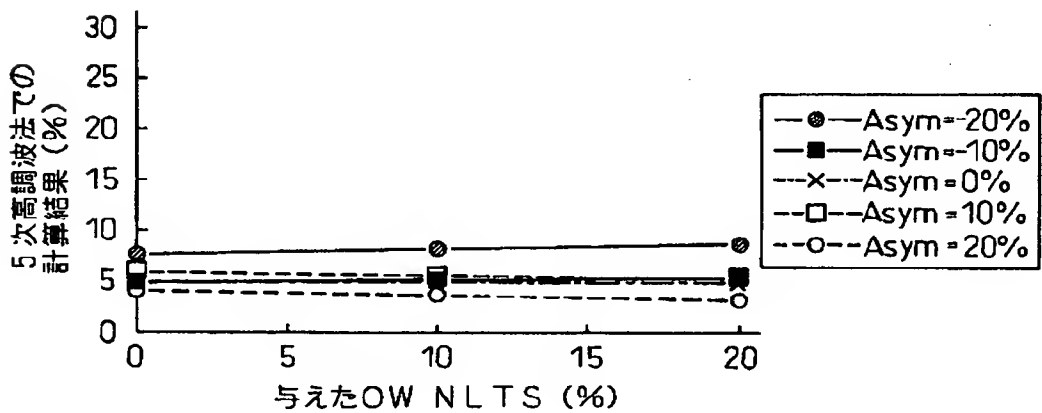
図 10

5 次高調波法のシミュレーション結果  
Tribit 両極性平均

(A) 前bit NLTS-OW NLTS=0%



(B) HTS-前bit NLTS=0%

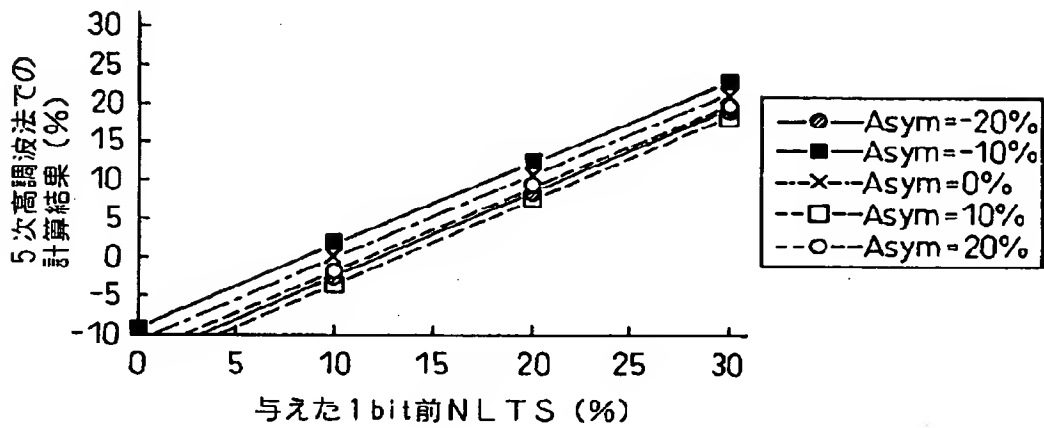


【図 11】

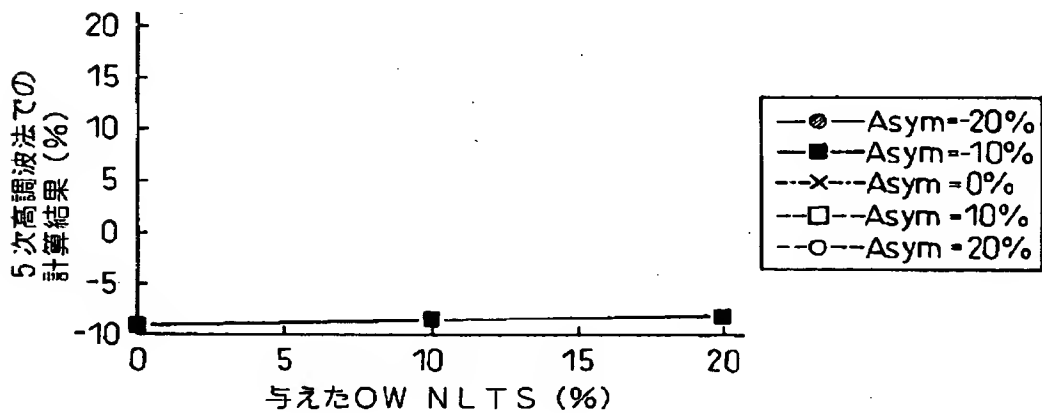
図 11

5 次高調波法のシミュレーション結果  
2 T (両極性)

(A) 前bit NLTS → OW NLTS = 0 %



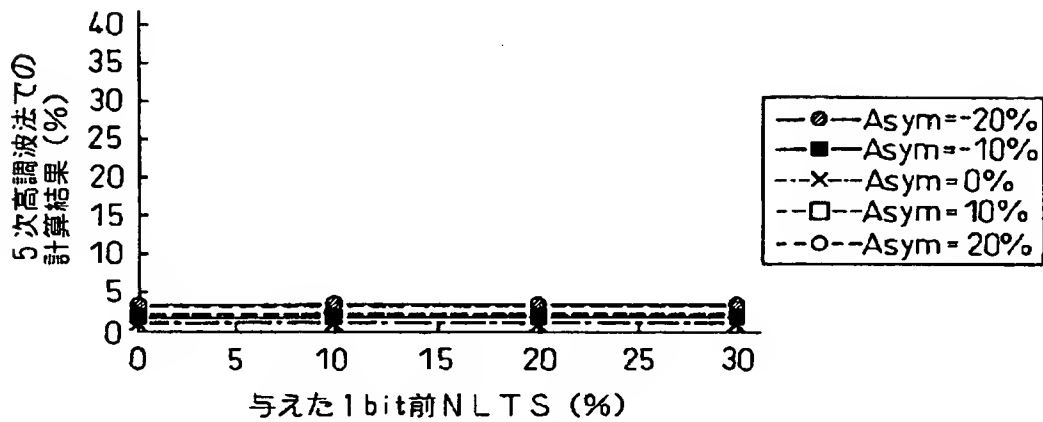
(B) HTS → 前bit NLTS = 0 %



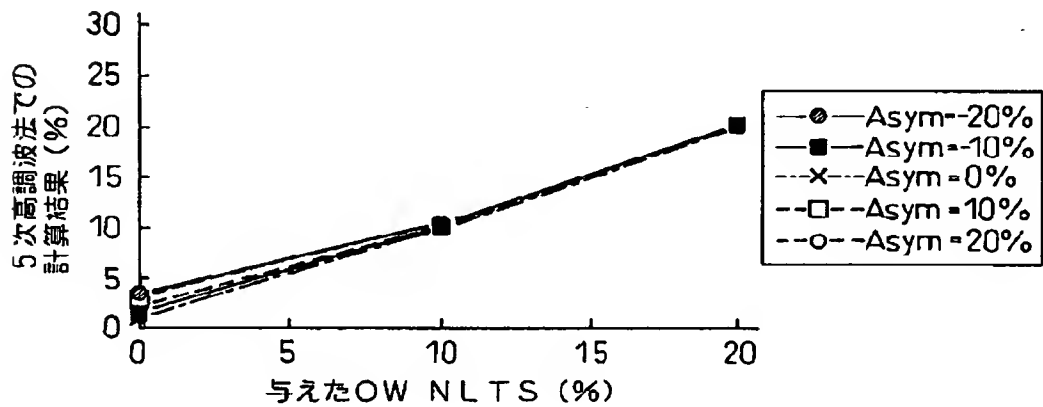
【図 12】

図 12 5次高調波法のシミュレーション結果  
 OW NLTS 単一極性  
 ※DCイレース方向毎のOW NLTS測定可能

(A) 前bit NLTS-OW NLTS=0%



(B) HTS-前bit NLTS=0%



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 M R 型再生ヘッドを有する磁気記録再生における非線形性を精度よく測定する。

【解決手段】 基準ビット列パターンのデータを基準信号としてヘッド I C 5、磁気ヘッド 3 を介して磁気ディスク 2 にサイクリックに送りデータを磁気記録し、磁気ヘッド 3 により検出されるその記録データの再生信号から第 1 の第 5 高調波成分  $V_{5ref}$  を測定し、複数種類の所定のビット列パターンから一つのビット列パターンを選択し、選択したビット列パターンのデータを被測定信号として磁気ディスク 2 にサイクリックに送りその再生信号から第 2 の第 5 高調波成分  $V_{5pat}$  を測定し、 $V_{5ref}$  と  $V_{5pat}$  とから N L T S を算出する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号  
氏 名 富士通株式会社